



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-335752

出 願 人

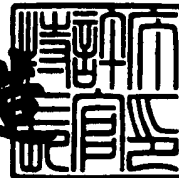
Applicant(s):

株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070854

【書類名】 特許願

【整理番号】 001522

【提出日】 平成12年11月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/225

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子を二次光学系で拡大して検出器に投影する装置において、

前記一次光学系の歪みを補正するように前記複数の開口の位置を設定することを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 1 又は 1 以上の電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する第 1 のマルチ開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子線を二次光学系で拡大して複数の検出素子からなる検出器で検出する装置であって、複数の開口が形成された第 2 のマルチ開口板を前記検出器の前面に配置してなる電子線装置において、

前記二次光学系の歪みを補正するように、前記第 2 のマルチ開口板に形成された開口の位置を設定することを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子線の像を二次光学系によって検出器に投影する装置において、

前記一次光学系の視野非点を補正するように前記複数の開口の形状を設定することを特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該開口を通過した一次電子線の縮小像を、 $E \times B$ 分離器を含む一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、該試料から放出された二次電子の像を写像光学系で検出器に投影し、マルチチャンネルで画像データを取得する装置において、

前記二次電子線の像を前記 $E \times B$ 分離器の偏向主面に関して試料側に結像させ

、前記複数の開口からの一次電子線の像を前記 E × B 分離器の偏向主面上に結像させることを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載された装置を用いてプロセス途中のウェーハの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、最小線幅が 0.1 ミクロン以下のパターンの欠陥検査、線幅測定、合わせ精度測定、電位測定、デバイス動作時の高速動作解析等を高スループットで行う電子線装置及びこうした装置を用いてプロセス途中のウェーハの評価を行うことにより歩留まりを改善するデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

超 L S I 回路のような微細な回路パターンを有する回路における欠陥検査や線幅測定を行うために、複数の電子ビームを用いる電子線装置は公知である。こうしたマルチビームを利用する電子線装置は、微細回路パターンの作成や検査に 1 本の電子ビームを使用すると、多大な時間を必要とし、満足なスループットを与えなかった従来の欠点を解決するために提案された。

【0003】

こうしたマルチビームの電子線装置に関連して、例えば、多数の電子エミッタをマトリクス状に配列した電子線装置においては、反射電子又は二次電子の検出器の間隔が極めて狭いため、隣接する照射領域から反射電子又は二次電子が飛び込みやすく、検出精度を高めることができないという欠点を解決するため、試料面と検出面との間に穴開きマスクを配置することが知られている。

【0004】

また、1 本の電子線で試料上のパターンを走査してパターンの 0.1 ミクロン程度の欠陥を検査する場合、走査に長時間を要するのでスループットが低下するという欠点を解決するため、単一の電子銃から放出された電子線で複数の開口を持つマスクを照射することにより、複数の電子線を形成するようにした電子線装

置も知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、1個の電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射して複数の電子線を作成し、これら各開口からの電子線を一次光学系で縮小して試料面に投影し走査する装置にあっては、一次光学系の歪みに起因して、各電子線が所望の位置に投影されないという課題があった。また、電子線を縮小して試料面に投影させる一次光学系に視野非点収差が存在するため、一次光学系の光軸近くと光軸外とでは電子線の寸法及び形状が異なるという問題もある。

【0006】

また、試料から放出される二次電子を検出器群に投影するための二次光学系にも収差が存在することに起因して、二次電子を検出器群の所望の位置に投影させることができないという問題もある。

【0007】

本発明は従来の電子線装置の持つ上記の課題を解決するために提案されたものであって、本発明の一つの目的は、一次光学系の歪み及二次光学系の収差を補正し、一次光学系の非点収差を緩和することができる電子線装置を提供することにある。本発明の他の目的は、こうした電子線装置を用いてプロセス途中のウェーハの各種の評価を行うことによってデバイスの歩留まりを向上させるデバイス製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1の発明は、

電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子線を二次光学系で拡大して検出器に投影する装置において、

前記一次光学系の歪みを補正するように前記複数の開口の位置を設定することを特徴とする電子線装置、

を提供する。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 の発明は、

電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する第 1 のマルチ開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子線を二次光学系で拡大して複数の検出素子からなる検出器で検出する装置であって、複数の開口が形成された第 2 のマルチ開口板を前記検出器の前面に配置してなる電子線装置において、

前記二次光学系の歪みを補正するように、前記第 2 のマルチ開口に形成された開口の位置を設定することを特徴とする電子線装置、
を提供する。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 の発明は、

電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、前記試料から放出された二次電子線の像を二次光学系によって検出器に投影する装置において、

前記一次光学系の視野非点を補正するように前記複数の開口の形状を設定することを特徴とする電子線装置、
を提供する。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 の発明は、

電子銃から放出された電子線で複数の開口を有する開口板を照射し、該開口を通過した一次電子線の縮小像を、E×B分離器を含む一次光学系を用いて試料上に投影して走査し、該試料から放出された二次電子線の像を写像光学系で検出器に投影し、マルチチャンネルで画像データを取得する装置において、

前記二次電子線の像を前記E×B分離器の偏向主面に関して試料側に結像させ、前記複数の開口からの一次電子線の像を前記E×B分離器の偏向主面上に結像させることを特徴とする電子線装置、

を提供する。

【0012】

請求項1～4のいずれか一つに記載の電子線装置は、欠陥検査装置、線幅測定装置、合わせ精度測定装置、電位コントラスト測定装置、欠陥レビュー装置及びストロボSEM装置からなる群のうちの一つであり得る。

【0013】

請求項1～4のいずれか一つに記載の電子線装置は、前記試料を複数の前記電子銃からの電子線で照射し、前記試料から放出された二次電子線を、前記複数の電子銃に対応して設けられた複数の前記検出器で検出するようにしてもよい。また、請求項1～5のいずれか一つに記載の電子線装置はプロセス途中のウェーハの評価を行うために使用することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図1～図4を参照しながら、本発明に係る電子線装置の実施の形態を詳述する。図1は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を概略的に示す図で、同図において、電子銃1から放出された電子線はコンデンサ・レンズ2によって集束されて点C0においてクロスオーバを形成する。このクロスオーバ点C0に、NAを決める開口4を有する絞り4が配置される。

【0015】

コンデンサ・レンズ2の下方には、複数の開口を有する第1のマルチ開口板3が配置され、これによって複数の一次電子線が形成される。第1のマルチ開口板3によって形成された一次電子線のそれぞれは、縮小レンズ5によって縮小されてE×B分離器6の偏向主面15に投影され、点15で一度結像した後、対物レンズ7によって試料8に合焦される。

【0016】

縮小レンズ5及び対物レンズ7の像面湾曲収差を補正するため、図1に示すように、マルチ開口板3は、中央から周囲へ向かうにつれてコンデンサレンズ2からの距離が大きくなるように段が付けられた構造となっている。

【0017】

合焦された複数の一次電子線によって照射された試料 8 の複数の点から放出された二次電子線は、対物レンズ 7 の電界に引かれて細く集束され、E × B 分離器 6 の手前の点 1 6、即ち、E × B 分離器 6 の偏向主面に関して試料 8 側の点 1 6 に焦点を結ぶ。これは、各一次電子線は試料面上で 5 0 0 e V にエネルギーを持っているのに対して、二次電子線は数 e v のエネルギーしか持っていないためである。試料 8 から放出された複数の二次電子線は E × B 分離器 6 により、電子銃 1 と試料 8 とを結ぶ軸の外方へ偏向されて一次電子線から分離され、二次光学系へ入射する。

【 0 0 1 8 】

二次光学系は拡大レンズ 9、1 0 を有しており、これらの拡大レンズ 9、1 0 を通過した二次電子線は第 2 のマルチ開口板 1 1 の複数の開口を通して複数の検出器 1 2 に結像する。なお、検出器 1 2 の前に配置された第 2 のマルチ開口板 1 1 に形成された複数の開口と、第 1 のマルチ開口板 3 に形成された複数の開口とは一対一に対応している。

【 0 0 1 9 】

それぞれの検出器 1 2 は、検出した二次電子線を、その強度を表す電気信号へ変換する。こうして各検出器から出力された電気信号は増幅器 1 3 によってそれぞれ増幅された後、画像処理部 1 4 によって受信され、画像データへ変換される。この画像データが試料の欠陥や線幅の測定に供される。即ち、画像処理部 1 4 には、一次電子線を偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像処理部 1 4 は試料 8 の面を表す画像を表示する。この画像を標準パターンと比較することにより、試料 8 の欠陥を検出することができ、また、レジストレーションにより試料 8 を一次光学系の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすることによって線幅評価信号を取り出し、これを適宜に校正することにより、試料 8 上のパターンの線幅を測定することができる。

【 0 0 2 0 】

ここで、第 1 のマルチ開口板 3 の開口を通過した一次電子線を試料 8 の面上に合焦させ、試料 8 から放出された二次電子線を検出器 1 2 に結像させる際、一次光学系及び二次光学系で生じる歪み、像面湾曲及び視野非点という 3 つの収差に

よる影響を最小にするよう特に配慮する必要がある。以下、このために本発明において採用した手段について、図 2 ～ 図 4 を用いて説明する。なお、これらの図においては、第 1 のマルチ開口板 3 及び第 2 のマルチ開口板 1 1 に形成された開口の大きさ、形状、ずれの量などは理解を容易にするため強調されており、実際のものとは相違する。

【 0 0 2 1 】

図 2 は、本発明における電子線装置に使用する第 1 のマルチ開口板 3 の第 1 の例を示しており、この例のマルチ開口板 3 は、試料面上に糸巻き型（ピンクッション型）の歪み収差が生じたときに使用され、糸巻き型の歪み収差を補正するため、第 1 のマルチ開口板 3 にタル型に位置ずれした複数の開口が形成される。即ち、第 1 のマルチ開口板 3 の中心 X、即ち電子銃 1 と試料 8 とを結ぶ線と第 1 のマルチ開口板 3 との交点を中心とする正方形 2 0 の 4 隅のそれぞれ 1 個の開口 2 1 ～ 2 4 が形成される。図 2 における縦、横の実線は該正方形の相対向する 2 辺に平行に仮想的に引かれた線であって、複数の開口が第 1 のマルチ開口板 3 に均一に分布する場合には、開口はこれらの実線の交点に配置されることになる。実際には、一次光学系における歪み収差を最小にするため、各開口は、第 1 のマルチ開口板 3 の中心からの距離に依存して、実線の交点から第 1 のマルチ開口板 3 の中心の方へずれた位置に配置されるよう設計される。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、本発明における電子線装置に使用する第 2 のマルチ開口板 1 1 の一例を示しており、二次光学系に存在する歪みに起因して生じ得る糸巻き型（ピンクッション型）の歪みによる影響を最小にするために使用される。図 3 においても、第 2 のマルチ開口板 1 1 のそれぞれの開口は、中心 Y からの距離に応じて、開口を均一に分布させた理想的な位置から外方へずらされている。このずれの量は、対物レンズ 7 及び拡大レンズ 9、1 0 と E × B 分離器 6 を含む系においてシミュレーションを行って算出された。最も外側の開口は大きすぎてもクロストークを生じないので、充分大きい開口としてもよい。また、本明細書では、マルチ開口板は 1 枚の板に複数の開口を設けた実施の形態を記載しているが、装置設計上、マルチ開口板は 2 枚以上の複数枚で構成してもよい。

【 0 0 2 3 】

像面湾曲については、前記のとおり、第 1 のマルチ開口板 3 の断面形状を段付きとすることにより、一次光学系により発生する像面湾曲を補正することができる。二次光学系によっても像面湾曲が生じるが、検出器 1 2 の前面に配置される第 2 のマルチ開口板 1 1 の開口が大きいので、実際は、二次光学系による像面湾曲は無視し得る。

【 0 0 2 4 】

視野非点収差は、レンズの屈折率がレンズの放射方向と周方向とで異なるために発生する。図 4 の (a) 及び (b) は、この視野非点収差を緩和するため、この発明に係る電子線装置に使用する第 1 のマルチ開口板 3 の第 2 の例を示しており、図 4 の (a) に示す第 1 のマルチ開口板 3 においては、それぞれの開口は第 1 のマルチ開口板 3 の中心からの距離に依存して、該中心に関して放射方向に細長い形状とされている。また、図 4 の (b) においては、第 1 のマルチ開口板 3 の中心に中心を置く仮想円の半径方向と周方向とで大きさが異なるよう、それぞれの開口の形状が設定されている。

【 0 0 2 5 】

図 1 における参照数字 1 7 はブランキング偏向器を示しており、このブランキング偏向器 1 7 に幅の狭いパルスを印加することにより、パルス幅の狭い電子線を形成することができる。これによって形成された幅の狭いパルスを用いると、試料 8 に形成されたパターンの電位を高時間分解能で測定することが可能となるので、電子線装置に対していわゆるストロボ SEM (走査型電子顕微鏡) の機能を付加することができる。

【 0 0 2 6 】

また、図 1 における参照数字 1 8 は軸対称電極を示しており、この軸対称電極 1 8 に試料 8 より数 1 0 ボルト低い電位を与えると、試料 8 から放出される二次電子を、試料 8 のパターンの有する電位に依存して、対物レンズ 7 の方へ流し又は試料側へ追いつくことができる。これによって試料 8 上の電位コントラストを測定することができる。

【 0 0 2 7 】

図1～図4により説明した、本発明に係る電子線装置は、欠陥検査装置、線幅測定装置、合わせ精度測定装置、電位コントラスト測定装置、欠陥レビュー装置又はストロボSEM装置に適用することが可能である。また、本発明に係る電子線装置はプロセス途中のウェハの評価を行うために使用することができる。以下、プロセス途中のウェハの評価について説明する。半導体デバイスの製造工程は、図5に示すように、

- (1) ウェハを製造するウェハ製造工程、
 - (2) 露光に使用するマスクを製作する又は準備するマスク製造又は準備工程、
 - (3) ウェハに必要な加工処理を行うウェハプロセッシング工程、
 - (4) ウェハ上に掲載されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能ならしめるチップ組立工程、
 - (5) 出来たチップを検査する検査工程、
- の各主工程を含む。それぞれの工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0028】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェハプロセッシング工程は、

- (31) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）、
 - (32) この薄膜層やウェハ基板を酸化する酸化工程、
 - (33) 薄膜層やウェハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程、
 - (34) レジストパターンにしたがって薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）、
 - (35) イオン・不純物注入拡散工程、
 - (36) レジスト剥離工程、
 - (37) 更に加工されたウェハを検査する検査工程、
- の各工程を含む。

【0029】

なお、ウェハプロセッシング工程の中核をなす(33)のリソグラフィー工程は、前段の工程で回路パターンが形成されたウェハ上にレジストをコーティングするレジスト工程、レジストを露光する露光工程、露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程、及び、現像されたレジストのパターンを安定化するためのアニール工程を含む。

【0030】

この発明に係る電子線装置は、(37)更に加工されたウェハを検査する検査工程において使用することができる。

以上、この発明に係る電子線装置の実施の形態を説明したが、この発明はこうした実施の形態に限定されるものではない。例えば、試料1の異なる位置を同時に照射できるよう、電子銃1、第1のマルチ開口板3、一次光学系、二次光学系、第2のマルチ開口板11及び検出器12からなる電子線照射・検出系を複数系統設け、複数の電子銃から出た複数の一次電子線で試料を照射し、試料から放出された複数の二次電子線を複数の検出器で受け取るようにしてもよい。これにより、検査や測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0031】

【発明の効果】

以上、この発明に係る電子線装置の実施の形態について説明したところから理解されたとおり、この発明は、

1. 一次光学系による歪み収差を補正し、合せて、視野非点収差も緩和することができるので、広い領域を複数のビームで照射して走査することができ、試料の欠陥検査等を高いスループットで行うことが可能になる、
2. 二次光学系による歪みを補正することができるので、複数の一次電子線を狭い間隔で試料に投影、走査してもクロストークが無く、しかも、二次電子の透過率を大きくすることができ、結果的にS/N比の大きい信号を得ることができるので、信頼性の高い線幅測定等を行うことができる、
3. 一次光学系をE×B分離器6の偏向主面に結像させることができるので、一次電子線の色収差を小さくすることができ、一次電子線をマルチビームとすると

きにもマルチビームを細く絞ることが可能になる、
等の格別の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態における光学系の配置を概略的に示す図である。

【図 2】

図 1 の電子線装置に使用されるマルチ開口板の第 1 の例を示す図である。

【図 3】

図 1 の電子線装置に使用される検出器開口板の例を示す図である。

【図 4】

(a) 及び (b) は、図 1 の電子線装置に使用されるマルチ開口板の第 2 の例を示す図である。

【図 5】

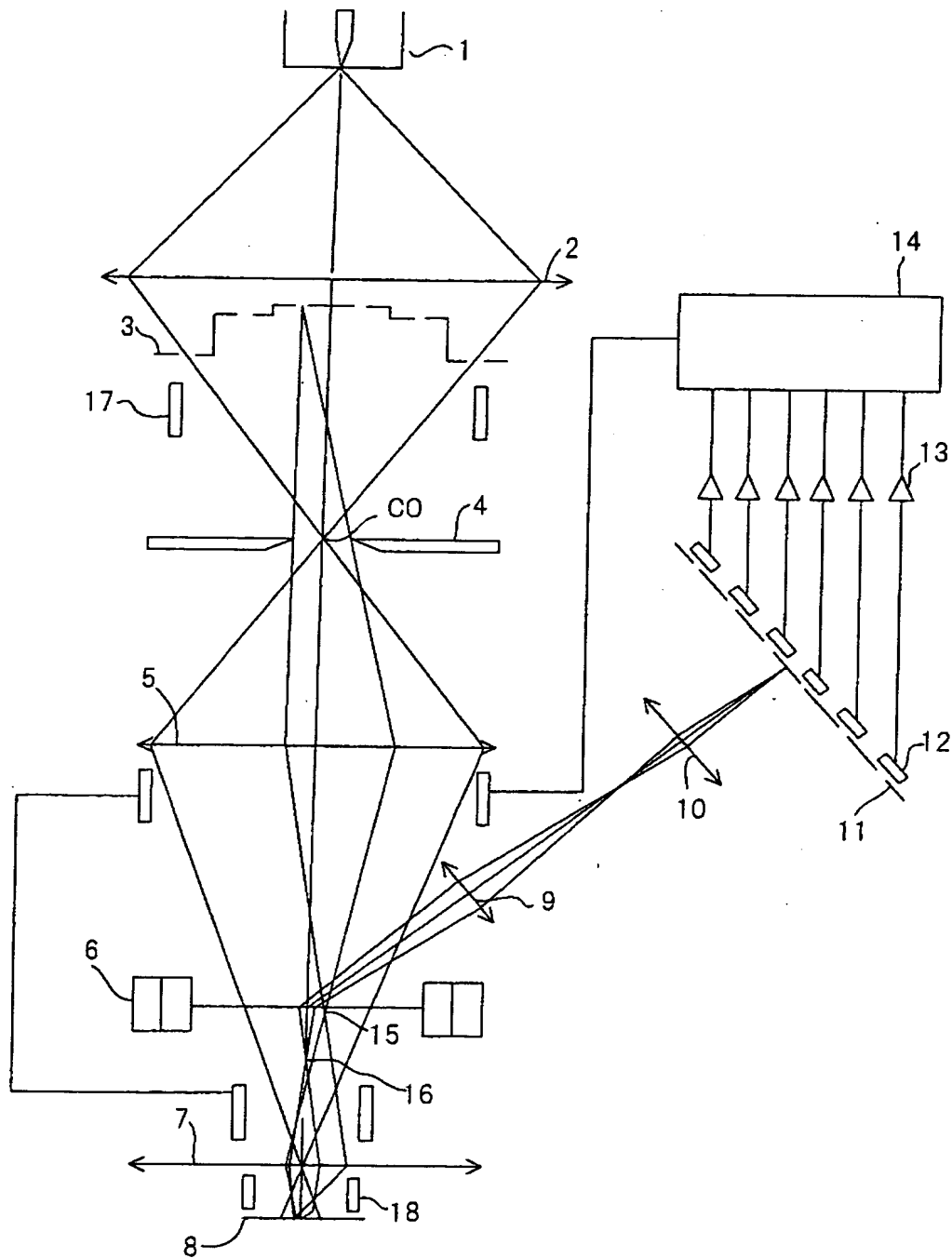
半導体デバイスの製造工程を説明するための図である

【符号の説明】

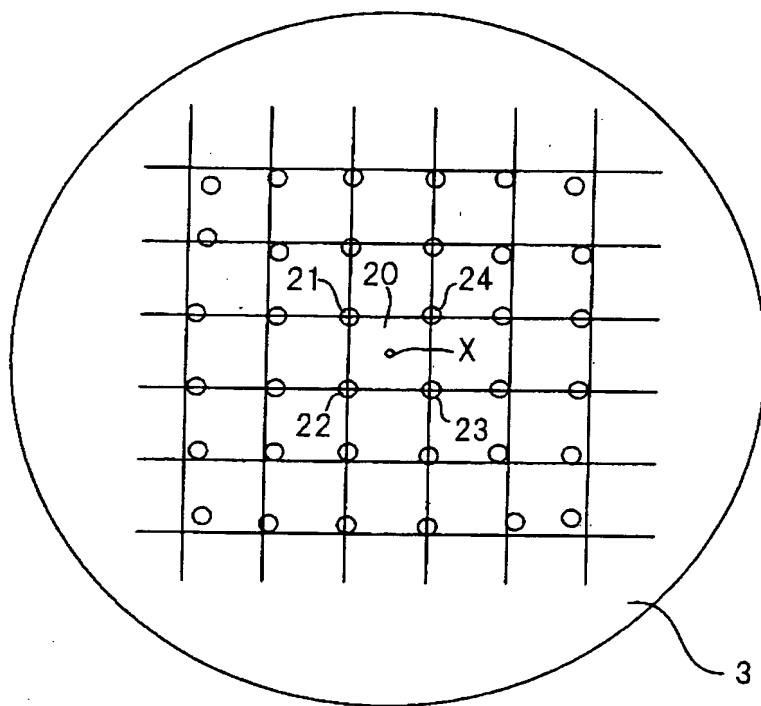
1 : 電子銃、 2 : コンデンサ・レンズ、 3 : 第 1 のマルチ開口板、 4 : 絞り、 5 : 縮小レンズ、 6 : E × B 分離器、 7 : 対物レンズ、 8 : 試料、
9、10 : 拡大レンズ、 11 : 第 2 のマルチ開口板、 12 : 検出器、 13 : 増幅器、 14 : 画像処理部

【書類名】 図面

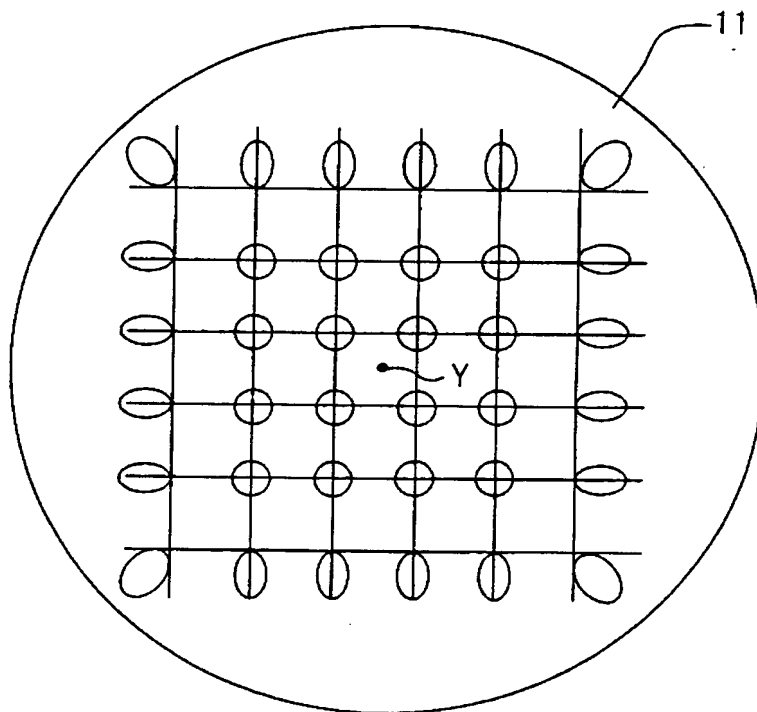
【図 1】



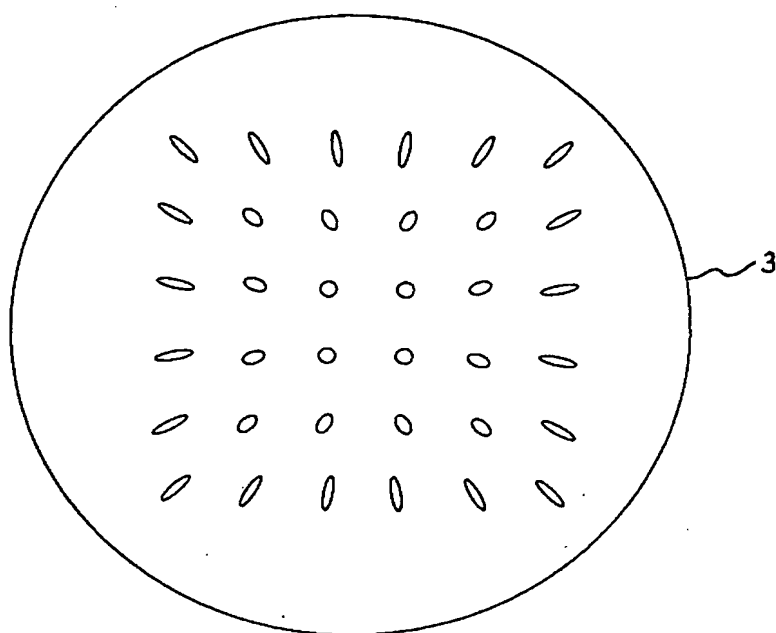
【図 2】



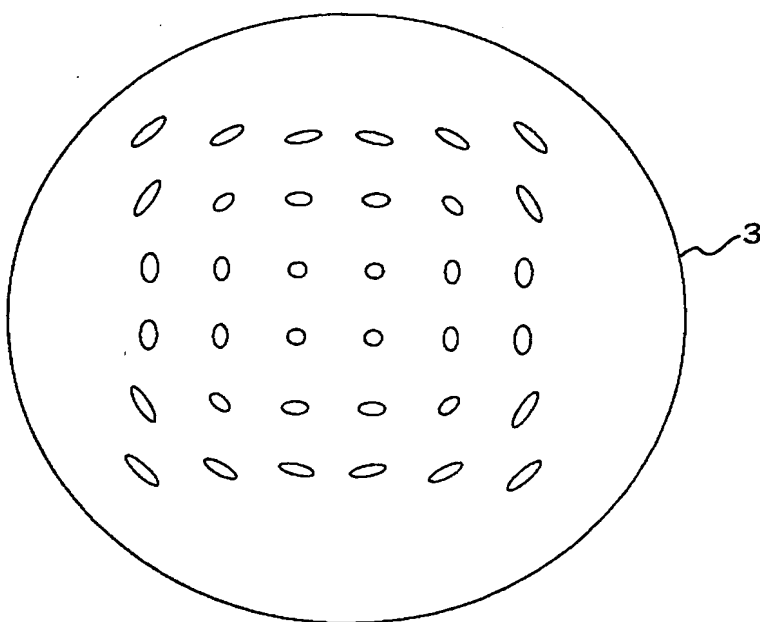
【図 3】



【図4】

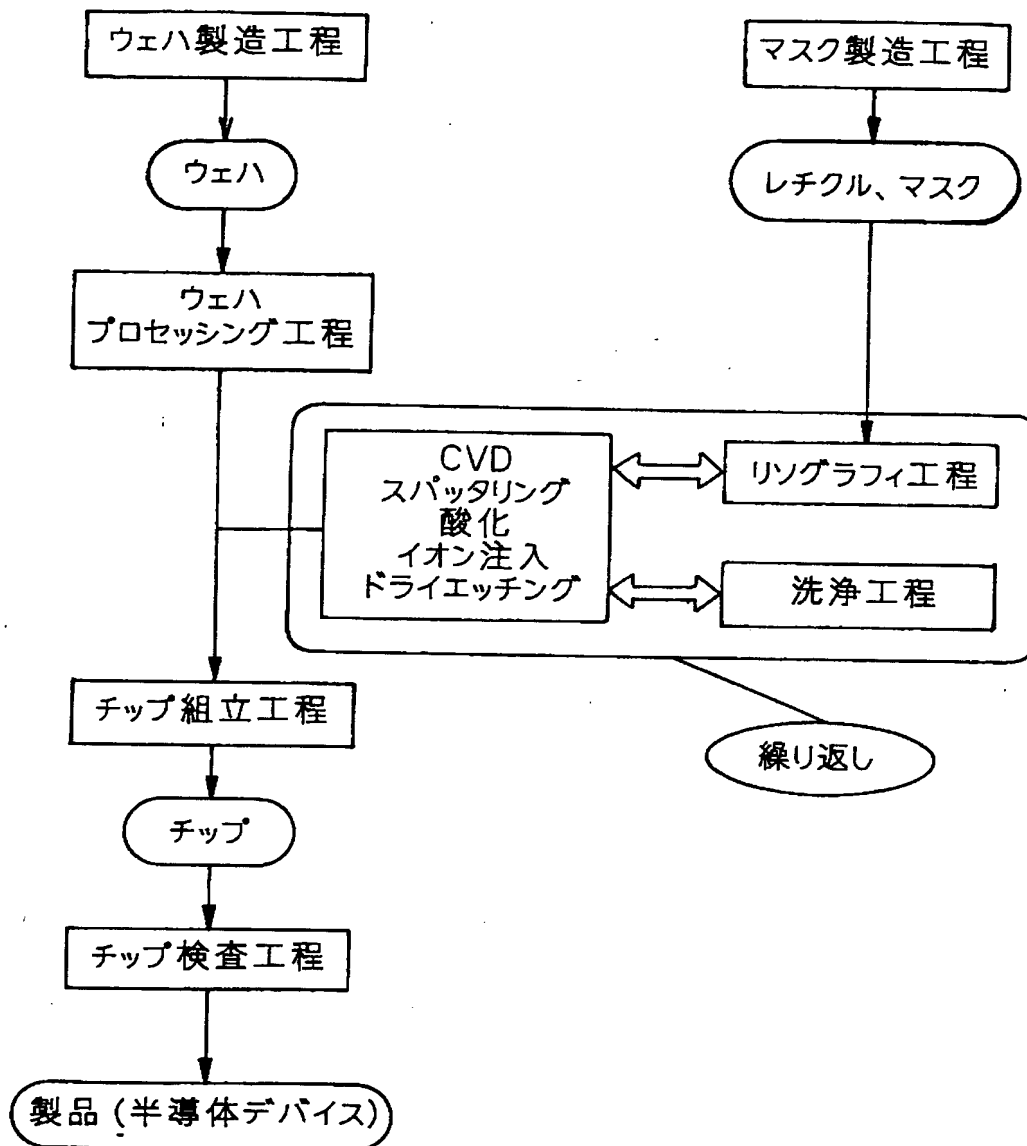


(a)



(b)

【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一次光学系による歪み及二次光学系による収差を補正し、一次光学系の非点収差を緩和すること。

【解決手段】 電子線装置は、電子銃 1 と、該電子銃から放出された電子線で照射される複数の開口を有するマルチ開口板 3 と、該複数の開口を通った一次電子線の縮小像を試料 8 上に投影して走査する一次光学系と、試料 8 から放出された二次電子線を拡大して検出器 1 2 に投影する二次光学系とを備える。前記複数の開口の位置は前記一次光学系の歪みを補正するように設定される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所